

虾夷扇贝对牙鲆的粪便、残饵及网箱养殖区沉积物的摄食

张继红¹ 吴桃^{1,2} 徐东¹ 高亚平¹ 唐望^{1,3}

(¹ 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(² 上海海洋大学, 201306)

(³ 华东理工大学, 上海 200237)

摘 要 采用室内静水法, 研究了虾夷扇贝 *Patinopecten yessoensis* 对牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 残饵、鱼类粪便、鱼类养殖网箱沉积物及微藻的摄食行为, 分析了基于虾夷扇贝的鱼+贝多营养层次的综合养殖(IMTA)模式的可能性。研究结果显示, 虾夷扇贝对鱼粪、残饵及鱼类养殖网箱沉积物都可摄食, 但对微藻的滤水率和摄食率最高, 显著高于其他实验组(ANOVA, $P < 0.01$); 微藻组、残饵组和鱼粪组之间的吸收效率没有显著性差异, 但都显著高于沉积物组。吸收效率(AE)与有机物比率(f)呈正相关关系: $AE(\%) = 38.84 \ln f + 72.7$ ($R^2 = 0.378$); 对有机物的吸收率(AR)与有机物浓度(POM)呈线性正相关关系: $AR = 0.118 \times POM - 0.555$ ($R^2 = 0.329$)。假粪产生时颗粒物 TPM 浓度的阈值为 24.09mg/L。

关键词 总颗粒物 有机物含量 摄食行为 虾夷扇贝 多营养层次的综合养殖

中图分类号 S917.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)02-0096-07

Feeding on feces, diets and cage farming sediments of *Paralichthys olivaceus* by Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*

ZHANG Ji-hong¹ WU Tao^{1,2} XU Dong¹ GAO Ya-ping¹ TANG Wang^{1,3}

(¹ Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(² Shanghai Ocean University, 201306)

(³ East China University of Science and Technology, Shanghai 200237)

ABSTRACT Static method was employed to study feeding behaviors of Japanese scallop *Patinopecten yessoensis* feeding on different food such as flounder *Paralichthys olivaceus* feces, residual feed, sediment particulates and microalgae. Clearance rate and ingestion rate on microalgae were significantly higher than the other three experimental groups (ANOVA, $P < 0.01$). Absorption efficiencies (AE) among microalgae, fish feces and residual feed were not significantly different, but they were significantly higher than that on sediment particulates. There was a positive correlation between AE and organic content (f): $AE(\%) = 38.84 \ln f + 72.7$ (R^2

国家支撑计划课题(2011BAD13B06)、国家自然科学基金课题(40876087)和国家 973 课题(2011CB409805)共同资助

收稿日期:2012-04-08;接受日期:2012-07-10

作者简介:张继红(1969-),女,研究员,主要从事养殖生态学研究。E-mail:zhangjh@ysfri.ac.cn

=0.378); The linear relationship between absorption rate (AR) and particulate organic matter (POM) was described as: $AR = 0.118 \times POM - 0.555$ ($R^2 = 0.329$). Total particulate matter (TPM) threshold for pseudo-feces production was 24.09 mg/L, and the scallop could regulate food intake by pseudo-feces production. Based on the research results, the potential Integrated Multi-trophic Aquaculture (IMTA) of shellfish and fish was proposed.

KEY WORDS Total particulate matter Organic content Feeding behavior
Japanese scallop *Patinopecten yessoensis*
Integrated Multi-trophic Aquaculture

随着网箱养殖规模不断扩大,网箱周围残饵、粪便等有机颗粒及溶解态无机盐负荷不断增加,导致环境恶化,威胁网箱养殖业的可持续发展。为减轻网箱养殖对环境的压力,近年来,提出了多营养层次的综合养殖模式(Integrated multi-trophic aquaculture, IMTA)(Chopin *et al.* 2001),通过引入滤食性贝类、大型藻类等生物,以去除多余的颗粒有机物和营养盐。从理论上讲,利用滤食性贝类的滤食及大型藻类光合作用吸收营养盐的功能,IMTA可以减轻网箱养殖的环境压力,降低有机物和营养盐负荷。然而,目前一些研究结果是互相矛盾的,例如,有研究认为,贻贝 *Mytilus spp.* 可以有效利用网箱周围的颗粒物,悬挂在网箱附近的贻贝生长速率显著提高(Sara *et al.* 2009; MacDonald *et al.* 2011);也有报道认为,悬挂在网箱附近的滤食性贝类如贻贝(Navarrete-Mier *et al.* 2010)、牡蛎 *Ostrea edulis*(Parson *et al.* 2002)的生长速度并未显著的增大。可见,关于滤食性贝类对网箱周围的颗粒有机负荷的去除能力还有待进一步的研究。量化滤食性贝类对网箱养鱼的残饵及粪便的吸收效率、吸收率是确定 IMTA 系统效率的关键,也是了解有多少颗粒有机物能输送到次级生态位(如滤食性贝类养殖筏架下的沉积食性的生物)的重要参数。同时,也决定了 IMTA 养殖模式是否能够可持续发展,因为,如果滤食性贝类对残饵、粪便的吸收效率较低,也就意味着网箱输出的颗粒有机碳只是通过滤食性贝类的重新包装,以贝类生物沉积的形式,又重新排入水体,并不能达到有效去除、降低环境压力的目的。目前,这方面的研究较少(Reid *et al.* 2010; MacDonald *et al.* 2011)。

牙鲆 *Paralichthys olivaceus* 是我国北方海域网箱养殖的主要品种之一,而虾夷扇贝 *Patinopecten yessoensis* 自 20 世纪 80 年代引入我国后,养殖规模日益扩大,是北方海域经济效益较好的滤食性贝类。尽管如此,我国关于虾夷扇贝摄食生理的研究报道较少(马明辉等 2004;徐东等 2010)。作者通过研究虾夷扇贝对牙鲆残饵和粪便的摄食行为,以增加对虾夷扇贝摄食生理生态学特性的了解,分析基于虾夷扇贝的鱼+贝 IMTA 养殖模式的可能性,为我国北方海域可持续发展的 IMTA 模式的构建提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材料来源

实验于 2011 年 9 月在山东荣成楮岛进行,虾夷扇贝取自山东寻山集团有限公司,去除外壳上的附着生物,水槽中充气暂养。实验用鱼类残饵(鳃鱼)、沉积物来自于楮岛海域牙鲆养殖网箱;鱼粪收集于投喂鳃鱼的牙鲆养殖池。以上饵料经低温烘干磨碎过筛(100 μ m)后悬浮于过滤海水中。实验期间的环境条件如下:水温 20.3 \pm 2.0 $^{\circ}$ C,盐度 31.48 \pm 0.27,pH 值 8.13 \pm 0.28,DO 为 7.06 \pm 0.33mg/L。

1.2 实验设计与方法

实验一:根据网箱周围悬浮颗粒物浓度(TPM:36.00 \pm 4.58 mg/L,待发表数据),设置鱼粪、残饵、沉积物 3 个实验组。为了与其对浮游植物的摄食行为相比较,选取微藻作为对照组,微藻为新月菱形藻 *Nitzschia closterium*,该实验在青岛农业大学的实验室进行,所采用的方法和实验水温等条件与楮岛一致。实验采用静水法,容器分别盛 4L 过滤海水,每个实验组设置 4 个平行和 1 个空白对照。为了防止饵料沉底,轻微充气。实

验持续 2h 后,收集粪便和假粪。实验前、后分别取水样 500ml,抽滤到预先经 450℃灼烧后的玻璃纤维滤膜上,用于悬浮颗粒物 TPM、有机物 POM 及无机物 PIM 浓度的测定。实验结束后,将贝类分别置于过滤海水中排空 2h,再次收集粪便。测定实验用贝的壳高、湿重等生物学指标。

实验二:为了分析虾夷扇贝的摄食行为对不同浓度和质量饵料的反应,在实验一的基础上,每个实验组增加了两个浓度梯度。实验方法同上。

1.3 摄食生理指标的计算方法

按照周毅等(2002)方法,主要计算公式如下:

1)对颗粒无机物质的过滤速率 $IFR = IRR + IER$

式中, IRR 为假粪中无机物质的生成速率(mg/h), IER 为粪便中无机物质的生成速率(mg/h);

2)滤水率 $CR = IFR / PIM$

式中, PIM 为海水中颗粒无机物质的含量(mg/L);

3)对颗粒有机物质的过滤速率 $OFR = CR \times POM$

式中, POM 为海水中颗粒有机物质的含量(mg/L);

4)对颗粒有机物质的摄食率 $OIR = OFR - ORR$

式中, ORR 为假粪中颗粒有机物质的生成率(mg/h);

5)对颗粒有机物质的吸收率 $AR = OIR - OER$

式中, OER 为粪便中颗粒有机物质的生成率(mg/h);

6)吸收效率 $AE = AR / OIR \times 100\%$

根据以下的公式对摄食行为指标进行标准化处理,便于不同实验组进行比较(Galimany *et al.* 2011):

$$Y_s = Y_e \cdot (1/W_e)^b$$

式中, Y_s 为贝类的标准生理指标, Y_e 为实验测得的生理指标, W_e 为实验所用虾夷扇贝的组织干重。 b 值通常位于 0.44~0.94 范围内(Jämegren *et al.* 2006),本研究取中间值 0.67。

1.4 数据的统计与分析

应用 SPSS 10.0 软件进行单因子方差(ANOVA)及 Tukey'S HSD 检验, $P < 0.01$ 视为差异极其显著, $P < 0.05$ 视为差异显著。

2 实验结果

2.1 实验一结果

2.1.1 各实验组水体中悬浮颗粒物的特性

4 个实验组(鱼类残饵、沉积物、鱼粪、微藻)的总颗粒物浓度(TPM)、有机物浓度(POM)及有机物比率(f , %)等见表 1。总悬浮颗粒物浓度平均值位于 29.75~36.31 mg/L 范围内,无机物的平均浓度位于 21.56~27.24 mg/L 范围。统计学分析结果显示,各组间 TPM 及 PIM 浓度均无显著性差异(ANOVA, $P > 0.05$)。4 个实验组间,有机物浓度(POM)差异极其显著(ANOVA, $P = 0.001 < 0.01$),其中,残饵组和微藻组显著高于沉积物组,残饵组显著高于鱼粪组(Turkey HSD Multiple Comparisons, $P < 0.05$);从高到低的顺序为残饵组 > 微藻组 > 鱼粪组 > 沉积物。各组间有机物比率差异性显著,饲料组的 f 值最高,其次是微藻组,沉积物组最低。

表 1 各实验组悬浮颗粒物的特性

Table 1 Characteristics of suspended particles in the treatment

实验组 Treatment	总悬浮颗粒物 TPM (mg/L)	颗粒有机物 POM (mg/L)	颗粒无机物 PIM (mg/L)	有机物比率 f (%)
残饵 Uneaten feed	31.58±3.38	10.01±1.03 ^{ab}	21.56±2.40	31.74±0.95 ^a
沉积物 Sediments	30.50±4.25	4.97±0.77 ^{ad}	25.52±3.51	16.29±0.50 ^a
鱼粪 Fish feces	29.75±5.26	6.88±1.26 ^b	22.88±4.01	23.09±0.38 ^a
微藻 Microalgae	36.31±10.25	9.07±2.14 ^d	27.24±8.11	25.25±1.48 ^a

注:同一列中,不同字母表示差异性显著

Note: Data within the same column with different superscripts are significantly different

2.1.2 实验所用虾夷扇贝的基本生物学特性

虾夷扇贝壳高为 $64.25 \pm 2.26 \sim 74.97 \pm 3.25$ mm, 组织干重介于 $1.31 \pm 0.44 \sim 2.89 \pm 0.89$ g 之间。单因子方差分析结果显示, 各组间软体部干重存在显著性差异 ($P=0.005 < 0.01$), Tukey HSD 分析结果显示, 沉积物组与残饵组 ($P=0.669 > 0.05$), 鱼粪组与微藻组 ($P=0.349 > 0.05$) 虾夷扇贝软体部干重无显著性差异。

表 2 虾夷扇贝的生物学指标

Table 2 Shell length/height and weight of the scallop *Patinopecten yessoensis* used in the experiment

实验组 Treatment	湿重 Wet weight(g)	组织干重 Dry tissue weight(g)	壳长 Shell length(mm)	壳高 Shell height(mm)
残饵 Uneaten feed	46.2±5.6	2.71±0.47	72.71±2.55	71.96±3.12
沉积物 Sediments	47.98±10.22	2.89±0.89	73.34±4.48	72.74±5.47
鱼粪 Fish feces	33.5±3.3	1.69±0.24	66.39±1.84	64.25±2.26
微藻 Microalgae	40.69±4.61	1.31±0.44	76.43±3.58	74.97±3.25

2.1.3 食物质量(颗粒有机物浓度及有机物比率)对虾夷扇贝摄食行为的影响

虾夷扇贝对鱼粪、鱼类残饵及网箱周围沉积物都可以摄食, 但摄食行为不同(图 1)。4 个实验组间的滤水率、摄食率存在显著性差异(ANOVA, $P < 0.01$), 虾夷扇贝对微藻的滤水率和摄食率最高, 显著高于其他 3 个实验组; 沉积物、残饵及鱼粪 3 个实验组间的滤水率及摄食率都无显著性差异(Turkey HSD, $P > 0.05$); 沉积物组的滤水率略高于鱼粪组和残饵组, 残饵组的摄食率略高于鱼粪组和沉积物组。4 个实验组间的吸收效率存在显著性差异(ANOVA, $P=0.015 < 0.05$), 微藻组、残饵组和鱼粪组之间的吸收效率没有显著性差异, 但是都显著高于沉积物组。实验期间, 沉积物组出现假粪, 假粪的产生率为 0.58 ± 0.012 g/gDW · h。

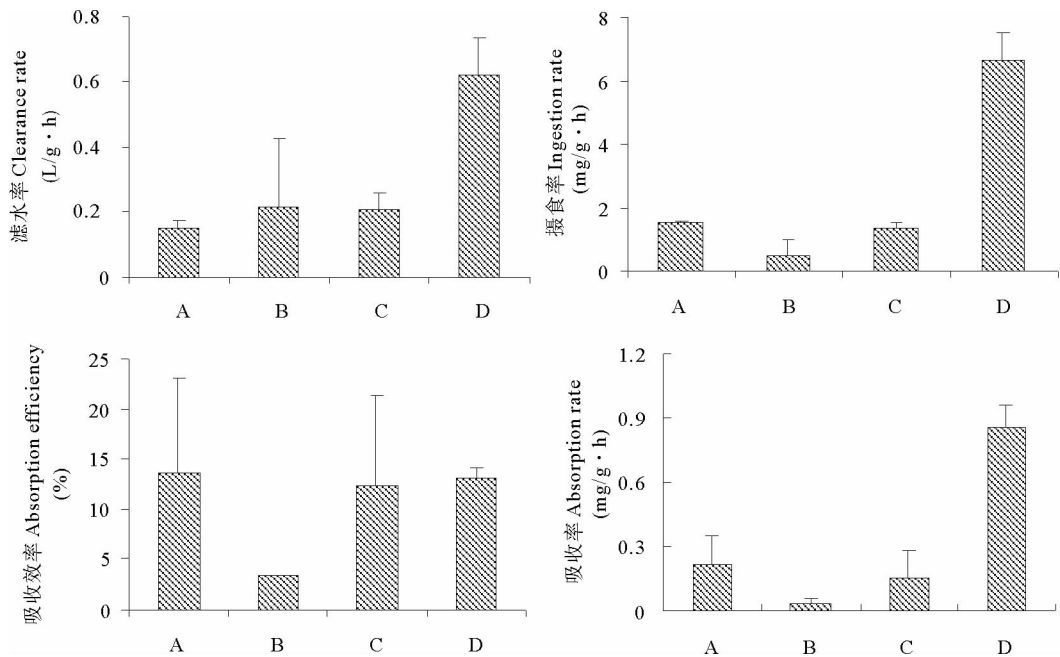
2.2 实验二结果

2.2.1 悬浮颗粒物及实验贝类的特性

各实验组食物的质量和浓度以及虾夷扇贝的生物学特性见表 3。总体的趋势是残饵组的有机物含量最高, 其次是鱼粪组, 沉积物组的有机物含量最低。

2.2.2 虾夷扇贝的摄食行为与食物可获得性的关系

吸收效率与有机物比率(f)呈正相关关系: $AE(\%) = 38.84 \ln f + 72.7$ ($R^2 = 0.378$); 虾夷扇贝对有机物的吸收率与有机物浓度(POM)呈显著的线性正相关关系: $AR = 0.118 \text{POM} - 0.555$ ($R^2 = 0.329$)(图 2)。但是, 虾夷扇贝的滤水率(CR)并未与悬浮颗粒物(TPM)浓度存在显著的相关性; 虾夷扇贝假粪的产生率(RR)随 TPM 和 PIM 的增加而呈线性增加的趋势: $RR = 0.092 \text{TPM} - 2.216$ ($R^2 = 0.727$); $RR = 0.111 \text{PIM} - 1.871$ ($R^2 = 0.559$)(图 3)。据此计算出虾夷扇贝产生假粪的 TPM 阈值为 24.09 mg/L。



A: 残饵; B: 沉积物; C: 鱼粪; D: 海藻

A. Uneaten feed; B. Sediments; C. Fish feces; D. Microalgae

图1 虾夷扇贝对4种饵料的滤水率、摄食率、吸收率及吸收效率

Fig. 1 Clearance rate, ingestion rate, absorption rate and absorption efficiency of scallop *P. yessoensis* to four diets

表3 各实验组食物的质量和浓度及实验所用贝类的生物学指标

Table 3 Characteristics of suspended particles and basic biology characteristics of scallop in each treatment

实验组 Group	TPM (mg/L)	POM(mg/L)	PIM(mg/L)	F(%)	壳高 SH (mm)	软体部干重 TDW(g)
残饵	44.90±7.50	10.51±1.19	34.39±6.52	23.65±2.31	70.26±6.85	2.55±0.99
Uneaten feed	45.22±2.20	19.61±3.09	25.60±2.21	43.29±5.49	66.79±1.35	1.98±0.17
沉积物	45.83±5.31	7.28±1.23	38.55±4.18	15.82±1.17	70.43±6.06	2.55±0.93
Sediments	37.75±1.44	8.05±0.59	29.70±1.15	21.31±1.20	71.10±6.70	2.67±0.95
鱼粪便	44.77±2.74	10.55±0.60	34.23±2.24	23.57±0.72	62.53±3.49	1.53±0.34
Fish feces	32.08±5.55	9.14±1.61	22.94±3.98	28.50±0.97	62.92±2.45	1.56±0.24

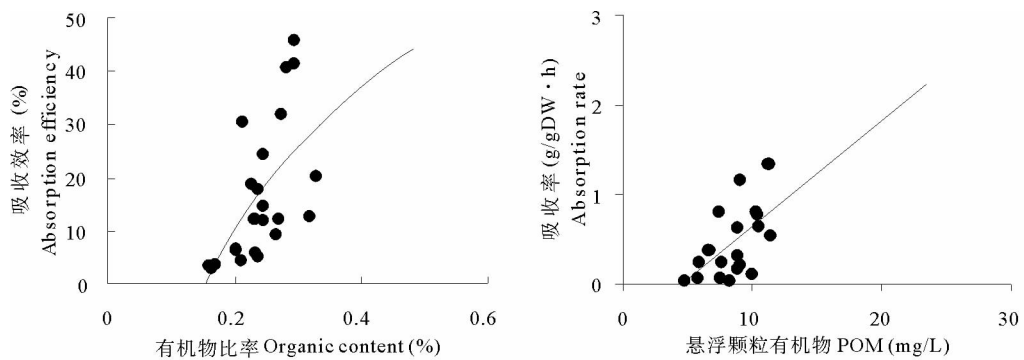


图2 虾夷扇贝的吸收效率与有机物比率,吸收率与颗粒有机物 POM 的关系

Fig. 2 Relationship between absorption efficiency and organic content (f), and absorption rate and POM

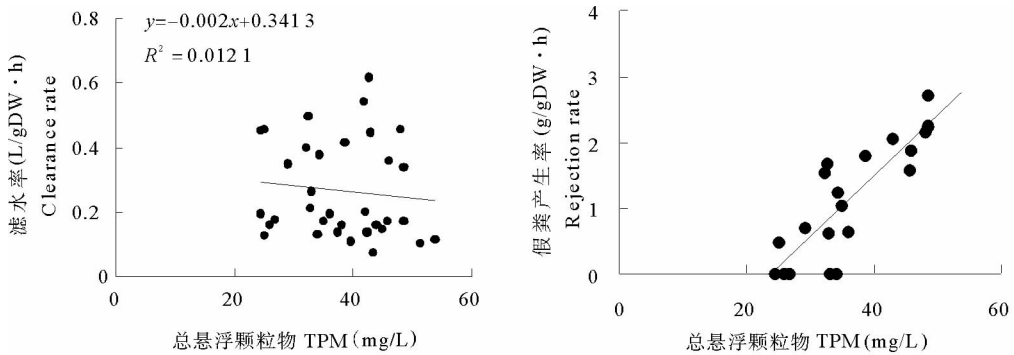


图 3 虾夷扇贝的滤水率、假粪的产生率与悬浮颗粒物 TPM 的关系

Fig. 3 Relationship between TPM and clearance rate, and TPM and pseudo-feces production rate

3 讨论与分析

研究了虾夷扇贝的摄食生物学,以了解虾夷扇贝对浓度、质量不同的食物的摄食反应。虾夷扇贝能否有效摄食、吸收、利用鱼粪和残饵,是成功建立基于虾夷扇贝的 IMTA 模式的关键。

滤食性贝类对食物具有一定的选择性,在悬浮颗粒物浓度较高或有机物含量较低条件下,滤食性贝类通常调节其生理过程如吸收效率和/或滤水率来适应及补偿外界食物条件的变化(如食物浓度或有机物含量的变化等)(Hawkins *et al.* 1996)。这种调节能力又因种类不同而异。Navarro 等(1992)对欧洲鸟尾蛤 *Cerastoderma edule* 的研究证实,在高浓度悬浮颗粒物水体中,欧洲鸟尾蛤通过降低滤水率以防止颗粒物过多地滞留于鳃上,这是对不良条件的一种反应。Wong 等(1999)研究发现,翡翠贻贝 *Perna viridis* 为了维持正常的能量平衡和适应外界环境的变化,随水体中悬浮颗粒物浓度的增加而降低滤水率,从而保持相对稳定的摄食率。美洲牡蛎 *Crassostrea virginica* 选择性排出假粪,以适应水体中悬浮颗粒物质量和数量的变化(Newell *et al.* 1983)。虾夷扇贝的滤水率并未随 TPM 的增加而降低(图 3),二者没有显著的负相关关系。当 TPM 浓度较高而有机物比率较低时,虾夷扇贝以产生假粪的形式来调节摄食率和能量的获取。

任何影响贝类摄食生理的因子,都会影响贝类的生物沉积。假粪产生的阈值及数量与悬浮颗粒物 TPM 有关(Navarro *et al.* 1992)。Widdows(1979)报道紫贻贝产生假粪的 TPM 阈值为 5mg/L。Kuang 等(1997)研究发现,当 TPM 达 17.7mg/L,栉孔扇贝有少量假粪产生。Navarro(1994)发现,TPM 为 3mg/L 时,巨扇贝 *Placopecten magellanius* 就会有假粪产生,假粪产量为总沉积量的 15%。MacDonald 等(1986)报道,巨扇贝在自然海区 TPM 高达 10mg/L 时并不产生假粪。本实验通过线性回归,得出虾夷扇贝产生假粪的 TPM 阈值为 24.09mg/L。可见,假粪产生的阈值受多种因素的影响,是非常复杂的,有待进一步的研究。

食物可获得性(包括食物的浓度和质量)。是影响滤食性贝类摄食行为的主要因子之一(Navarro *et al.* 2000)。虾夷扇贝的吸收效率随有机物含量的增加呈对数函数增加,该结果与前人对贻贝的研究结果相一致(Hawkins *et al.* 1996; Reid *et al.* 2010)。通常在开始的阶段,随着有机物含量的增加,AE 增加较快,随着有机物含量的增大,AE 的增加速度趋缓,并逐渐接近 100% 的渐近线(Reid *et al.* 2010)。本研究可能受有机物含量范围(14%~48%)的限制,并未出现 AE 趋近渐近线的趋势。除 AE 外,摄食率是决定滤食性贝类吸收有机物的关键指标之一(摄食率与 AE 的乘积为吸收率)。在食物浓度(TPM)无显著差异时,虾夷扇贝对残饵、鱼粪及微藻的吸收效率相近,无显著差异。但是,虾夷扇贝对微藻的摄食率显著提高,使得其对微藻的吸收率显著高于残饵和粪便。在网箱养殖区,悬浮颗粒物除残饵和鱼粪外,还有其他的颗粒物,如再悬浮的沉积物等,有机物含量远低于单纯的残饵或鱼粪。虽然虾夷扇贝对沉积物的摄食率并未显著低于残饵和鱼粪,但是,AE 显著降低,因此,虾夷扇贝对沉积物中有机物的吸收能力显著低于鱼类饲料、鱼粪及微藻。

总体来讲,牙鲆+虾夷扇贝的 IMTA 养殖模式还有待进一步的研究,颗粒有机物和溶解无机盐的去除效果不仅与种类有关,而且,需要考虑 IMTA 的布局。首先,1)虽然虾夷扇贝能够摄食、吸收鱼的粪便和残饵,但

是吸收率比较低;2)如果在 IMTA 中虾夷扇贝的布局离网箱太近,TPM 高,虾夷扇贝会产生假粪,不利于贝类的生长和 POM 的有效去除;如果布局太远,鱼的粪便及残饵中较大的颗粒沉降快,尚未流经贝类养殖区,就沉积到海底,不能被贝类所滤食。其次,在网箱养殖区,TPM 的浓度并非一成不变,受投饵频率、数量的影响,而且受水文、天气等多重因素的影响。如何提高 IMTA 效率,降低环境压力,还需多学科的交叉研究。再者,鱼类排泄的氨氮等溶解态无机营养物能够促进浮游植物的生长,利用滤食性贝类滤除浮游植物,降低无机营养盐负荷,是 IMTA 减轻环境压力的另一个方面,在今后的研究中应予以关注。

参 考 文 献

- 周 毅,杨红生. 2002. 应用于贝类生理生态研究的生物沉积法. 生态学杂志, 21(6): 74-76
- 徐 东,张继红,王文琪,董美涛,王 忠. 2010. 虾夷扇贝 *Patinopecten yessoensis* 摄食生理研究. 渔业科学进展, 31(4): 85-91
- 马明辉,宫 强,刘述锡,陈红星,宋云香. 2004. 悬浮物对虾夷扇贝致死效应的研究. 海洋环境科学, 23(3): 46-48
- Chopin T, Buschmann AH, Halling C and 7 others. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: A key towards sustainability. J Phycol 37: 975-986
- Galimany E, Ramón M, Ibarrola I. 2011. Feeding behavior of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (L.) in a Mediterranean estuary: A field study. Aquaculture 314: 236-243
- Hawkins AJS, Smith RFM, Bayne BL, Héral M. 1996. Novel observations underlying the fast growth of suspension feeding shellfish in turbid environments: *Mytilus edulis*. Mar Ecol Prog Ser 131: 179-190
- Jämeğren J, Altin D. 2006. Filtration and respiration of the deep living bivalve *Acesta excavate* (J. C. Faricius, 1779) (Bivalvia; Limidae). Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 334: 122-129
- Kuang S, Fang J, Sun H, et al. 1997. Seasonal studies of filtration rate and absorption efficiency in the scallop *Chlamys farreri*. J Shellfish Res. 16: 39-45
- MacDonald BA, Thompson RJ. 1986. Influence of temperature and food availability on the ecological energetics of the giant scallop *Placopecten magellanicus* III. Physiological ecology, the gametogenic cycle and scope for growth. Mar Biol 93: 37-48
- Macdonald BA, Robinson SMC, Barrington KA. 2011. Feeding activity of mussels (*Mytilus edulis*) held in the field at an integrated multi-trophic aquaculture (IMTA) site (*Salmo salar*) and exposed to fish food in the laboratory. Aquaculture 314: 244-251
- Navarrete-Mier F, Sanz-Lazaro C, Marin A. 2010. Does bivalve mollusc polyculture reduce marine fin fish farming environmental impact? Aquaculture 306: 101-107
- Navarro E, Iglesias JIP, Ortega MM. 1992. Natural sediment as a food source for the cockle *Cerastoderma edule* (L.): Effect of variable particle concentration on feeding, digestion and scope for growth. J Exp Mar Biol Ecol 156: 69-87
- Navarro JM, Thompson RJ. 1994. Comparison and evaluation of different techniques for measuring absorption efficiency in suspension feeders. Limnology and Oceanography 39(1): 159-164
- Navarro JM, Leiva GE, Martinez G, Aguilera C. 2000. Interactive effects of diet and temperature on the scope for growth of the scallop *Argopecten purpuratus* during reproductive conditioning. J Exp Mar Biol Ecol 147(1): 67-83
- Newell RIE, Jordan SE. 1983. Preferential ingestion of organic material by American oyster *Crassostrea virginica*. Mar Ecol Prog Ser, 13: 47-53
- Parsons GJ, Shumway SE, Kuenstner S, Gryska A. 2002. Polyculture of sea scallops (*Placopecten magellanicus*) suspended from salmon cages. Aquac Int 10: 65-77
- Reid GK, Liutkus M, Bennett A and 3 others. 2010. Absorption efficiency of blue mussels (*Mytilus edulis* and *M. trossulus*) feeding on Atlantic salmon (*Salmo salar*) feed and fecal particulates: implications for integrated multi-trophic aquaculture. Aquaculture, 299: 165-169
- San Diego-McGlone ML, Azanza RV, Jacinto GS. 2008. Eutrophic waters, algal bloom and fish kill in fish farming areas in Bolinao, Pangasinan, Philippines. Mar Pollut Bull 57(6-12): 295-301
- Sara G, Zenone A, Tomasello A. 2009. Growth of *Mytilus galloprovincialis* (mollusca, bivalvia) close to fish farms: a case of integrated multi-trophic aquaculture within the Tyrrhenian Sea. Hydrobiologia 636: 129-136
- Widdows J, Worrall C, Fieth P, et al. 1979. Relationship between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. Mar Biol 50: 195-207
- Wong WH, Cheung SG. 1999. Feeding behavior of green mussel, *Perna viridis* (L.): Responses to variation in seston quantity and quality. J Exp Mar Biol Ecol 236: 191-207